

团 体 标 准

《超快响应湿度监测仪现场应用规范》

(征求意见稿)

编制说明

标准起草工作组

2025年12月

一、工作简况

（一）任务来源

为贯彻落实国家关于强化战略性矿产资源安全保障、推动高端仪器仪表产业自主可控的战略部署，积极响应《国家标准化发展纲要》中“以科技创新提升标准水平，以标准促进科技成果转化”的号召，中关村绿色矿山产业联盟根据行业发展需求与技术创新进程，决定组织制定《超快响应湿度监测仪现场应用规范》团体标准。本标准的制定旨在将国家重点研发计划的前沿科研成果进行工程化、标准化固定，破解油气勘探与工业监控领域涉水复杂工况安全监测的精准感知难题，引导行业技术进步与产品质量提升。

（二）制定背景

在油气勘探开发（特别是气体钻井）及能源、化工等工业监控领域，地层出水、井筒积液、井下燃爆等涉水复杂工况是威胁安全生产的重大风险源。这些工况的本质与核心前兆信息往往体现为湿度的瞬态、剧烈变化。传统湿度传感器响应速度慢（秒级至分钟级），无法捕捉毫秒级的动态湿度特征，导致预警滞后，难以为风险防控提供前瞻性决策支持。

针对上述行业痛点，国家重点研发计划“智能传感器”专项设立了“超快响应湿度敏感元件及传感器”项目，由西南石油大学牵头，联合中国石油集团川庆钻探工程有限公司等单位，系统开展了从核心元件、感知技术到智能识别与应用验证的全链条研究。课题已成功研制出响应时间达毫秒级的湿度传感器，并在气体钻井现场完成了超过210支传感器的应用验证，累计识别包括井下燃爆在内的各类安全风险10余次，证明了其技术的先进性与工程应用的巨大潜力。

为避免先进技术停留在实验室和试点阶段，推动其规模化、规范化应用，亟需将课题研究形成的技术体系、应用方法和实践经验进行总结提炼，转化为统一、权威的技术标准。本标准的制定，正是为了填补行业内针对超快响应（毫秒级）湿度监测仪在恶劣工业现场应用规范的空白，确保技术的可靠落地与效益最大化。

（三）起草过程

标准起草工作严格遵循“科研支撑、需求导向、实践检验、协同制定”的

原则，主要经历了以下阶段：

1. 预研与立项阶段：标准发起单位西南石油大学、中国石油集团川庆钻探工程有限公司基于课题研究成果和现场应用的大量一手数据，提出了标准制定的必要性与可行性论证。经中关村绿色矿山产业联盟组织专家评审，于2024年10月正式批准立项。

2. 起草工作组组建阶段：成立了由西南石油大学（技术研发方）、中国石油集团川庆钻探工程有限公司（应用需求与验证方）及成都皓瀚完井岩电科技有限公司（设备研制与产业化方）三方核心单位组成的标准起草工作组。工作组涵盖了技术研发、工程应用和产业制造的全链条专家，确保了标准内容的科学性、实用性与可操作性。

3. 标准草案编制阶段：起草工作组以课题任务书设定的研究目标、考核指标及中期检查形成的标志性成果为根本依据，系统梳理了超快响应湿度监测仪的技术特征、现场应用流程和验证方法。起草过程深度融合了课题研究中形成的“集成多传感器的复杂工况实时感知技术架构”、“基于克-克方程与安托万修正的绝对含水量计算模型”、“基于双重注意力对比网络的智能识别预警方法”等核心技术成果，并将其转化为标准中的具体技术参数、操作流程和性能指标。期间，工作组召开了多次内部研讨会，对标准框架、核心条款进行了反复论证与修改，形成了标准征求意见稿。

4. 征求意见与技术审查阶段：下一步，本标准将面向高等院校、科研机构、油气企业、传感器制造商、检测认证单位等广泛征求意见。根据反馈意见进行修改完善后，提交联盟标准化技术委员会进行技术审查，最终形成报批稿。

二、编制原则

在标准制定过程中，标准起草工作组按照GB/T 1.1—2020 给出的规则编写，主要遵循以下原则：

（一）科学性与先进性原则：

标准的所有技术内容均以国家重点研发计划课题的实证研究成果为根本依据，将经过理论推导、实验验证和现场测试的核心技术指标（如2毫秒响应时

间、多传感器集成同步要求）直接纳入标准，确保了标准技术水平的先进性与科学性。

（二）实用性与可操作性原则

标准紧密结合气体钻井等典型涉水复杂工况的现场实际，条款设置聚焦于解决设备选型、安装调试、运行维护、数据解读和应急响应中的实际问题。所有要求均力求明确、具体、可执行，便于现场工程技术人员和设备制造商直接应用。

（三）系统性与协调性原则

标准构建了从核心参数、现场应用到验证方法的完整技术体系，内容覆盖“设备-系统-数据-安全”全链条。标准编制严格遵守GB/T 1.1-2020的规定，并注意引用GB/T 11605（湿度测量）、GB/T 18268.1（电磁兼容）等现行基础通用标准，保证了标准结构的规范性与相关标准间的协调性。

（四）引领性与前瞻性原则：

标准不仅规定了当前产品的技术要求，更将“多传感器集成”、“智能识别预警”、“应用规模验证（ ≥ 2000 只）”等代表技术发展趋势和规模化应用前景的要求纳入其中，旨在引导产业从提供单一传感器向提供系统化解决方案升级，推动行业整体技术水平的进步。

三、主要技术内容及其确定依据

（一）核心技术参数要求

此部分是将科研成果转化成产品技术规格的关键。其中，“响应时间不大于2毫秒”是定义“超快响应”特性的核心指标，直接来源于课题对瞬态湿度捕捉能力的边界定义。“绝对含水量计算功能及误差要求”则直接依据课题建立的饱和蒸汽压温度修正模型（克-克方程、安托万常数）和绝对含水量计算方法，将理论模型转化为设备内置算法的输出精度要求。环境适应性要求（宽温域、IP67防护、防爆、抗振）完全基于任务书对“高温、高压、高湿、多介质腐蚀、强振动”等现场恶劣工况的描述及现场应用验证的经验提炼，确保设备的环境耐受性。

（二）现场应用流程

此部分规范了技术成果实现工程价值的全过程。选型原则强调响应时间匹配与场景适配；安装要求中推荐的“排砂管线、注气管线”等关键位置，源于课题中期检查报告中多传感器感知系统架构的设计与现场验证的有效经验；调试与校准条款中的“补偿算法验证”、“绝对含水量模型验证”等内容，是确保课题研发的信号处理与机理模型在现场设备上正确运行的必要步骤；运行维护中提出的“数字化维护管理平台”要求，是针对任务书设定的“传感器应用数量 ≥ 2000 只”规模化目标，提出的高效、标准化管理解决方案。

（三）数据采集、处理与智能预警

此部分体现了从“数据采集”到“智能决策”的升级。不低于100Hz的采集频率要求，是为了满足捕捉瞬态变化和后续智能识别模型对数据密度的需求。数据存储与结构化数据库建设的要求，直接支撑课题“融合动态湿度信息的复杂工况数据库”的研究目标。异常判定与预警条款，明确引入了课题成果“基于双重注意力对比网络的钻井异常检测方法”作为推荐模型，并将课题已明确表征的“地层出水”（环空含水量变化率激增）、“空压机故障”（井口含水量激增）等典型异常工况的湿度特征及判定参考值纳入资料性附录，为预警阈值设置提供了科学依据。

（四）性能验证方法

此部分为确保设备全生命周期内持续满足标准要求提供了检验手段。验证方法不仅包括响应速度、精度校准等常规测试，特别强调了“环境试验后核心性能复测”，旨在验证设备在苛刻环境应力下核心功能（2毫秒响应）的保持能力。此外，专门设立了“应用规模验证”章节，将课题任务书中“传感器应用数量 ≥ 2000 只”这一核心考核指标转化为对技术规模化应用可行性的统计验证方法，通过大规模部署来综合评价产品的批次一致性、环境普适性与长期可靠性，这是推动科研成果实现产业转化的关键一环。

（五）安全要求

此部分从设备防护、操作规范和应急处置三个维度构建安全保障体系。除常规的防爆、防护要求外，特别针对课题所构建的“智能识别预警系统”，增加了对软件平台访问控制、操作审计的安全管理要求，并规定了预警触发后的数据全程记录与事后回溯机制，形成了“监测-预警-处置-优化”的完整安全闭

环，确保智能化系统本身的安全性与可靠性。

四、标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

本标准主要技术内容来源于国家重点研发计划项目（2023YFB3210200）的课题研究成果。涉及的潜在知识产权，如与超快响应湿度监测相关的核心算法、智能识别模型等，其权利归属与行使遵循项目任务书中约定的知识产权对策。本标准为公开推荐性标准，其发布与实施旨在促进科技进步与产业推广，不涉及对任何必要专利的强制实施。标准发布机构对于因实施本标准可能涉及的专利不承担任何责任。

五、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国内同类标准水平的对比情况

目前，国内外尚无专门针对响应时间为毫秒级的超快响应湿度监测仪现场应用的技术标准。现有湿度测量类标准（如GB/T 11605）主要关注通用湿度计的测量方法与静态精度，无法涵盖超快响应、动态捕捉、多传感器融合及复杂工况智能预警等特殊要求。本标准是在现有通用标准基础上的重大细化和提升，首次系统性地规定了此类高端专用监测设备在特定工业场景下的应用技术规范，填补了该领域的标准空白，技术水平处于国内领先，并具备国际先进性。

六、与有关现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本文件与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本文件在制定过程中未出现重大分歧意见。

七、贯彻标准的要求和措施建议

本文件发布后，应向相关企业进行宣传、贯彻，推荐执行该文件。

八、其他应当说明的事项

无。